

```
In [1]: # لصور الأرقام المكتوبة بخط اليد MNIST تحميل مجموعة
from tensorflow.keras.datasets import mnist
import matplotlib.pyplot as plt

# تحميل البيانات من الإنترنت (يتم حفظها محليًا بعد أول مرة)
(X_train, y_train), (X_test, y_test) = mnist.load_data()

print("عدد صور التدريب:", X_train.shape)
print("عدد صور الاختبار:", X_test.shape)

# عرض أول صورة من البيانات
plt.imshow(X_train[0], cmap='gray')
plt.title(f"Label: {y_train[0]}")
plt.show()
```

```
-----
ModuleNotFoundError                                Traceback (most recent call last)
Cell In[1], line 2
      1 # لصور الأرقام المكتوبة بخط اليد MNIST تحميل مجموعة
2 <---- from tensorflow.keras.datasets import mnist
      3 import matplotlib.pyplot as plt
      5 # تحميل البيانات من الإنترنت (يتم حفظها محليًا بعد أول مرة)

ModuleNotFoundError: No module named 'tensorflow'
```

```
In [2]: pip install tensorflow
```

^C

Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.

Collecting tensorflow

Downloading tensorflow-2.20.0-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (4.6 kB)

Collecting absl-py>=1.0.0 (from tensorflow)

Downloading absl_py-2.3.1-py3-none-any.whl.metadata (3.3 kB)

Collecting astunparse>=1.6.0 (from tensorflow)

Downloading astunparse-1.6.3-py2.py3-none-any.whl.metadata (4.4 kB)

Collecting flatbuffers>=24.3.25 (from tensorflow)

Downloading flatbuffers-25.9.23-py2.py3-none-any.whl.metadata (875 bytes)

Collecting gast!=0.5.0,!0.5.1,!0.5.2,>=0.2.1 (from tensorflow)

Downloading gast-0.6.0-py3-none-any.whl.metadata (1.3 kB)

Collecting google_pasta>=0.1.1 (from tensorflow)

Downloading google_pasta-0.2.0-py3-none-any.whl.metadata (814 bytes)

Collecting libclang>=13.0.0 (from tensorflow)

Downloading libclang-18.1.1-py2.py3-none-win_amd64.whl.metadata (5.3 kB)

Collecting opt_einsum>=2.3.2 (from tensorflow)

Downloading opt_einsum-3.4.0-py3-none-any.whl.metadata (6.3 kB)

Requirement already satisfied: packaging in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (24.2)

Requirement already satisfied: protobuf>=5.28.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (5.29.3)

Requirement already satisfied: requests<3,>=2.21.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (2.32.3)

Requirement already satisfied: setuptools in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (72.1.0)

Requirement already satisfied: six>=1.12.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (1.17.0)

Collecting termcolor>=1.1.0 (from tensorflow)

Downloading termcolor-3.2.0-py3-none-any.whl.metadata (6.4 kB)

Requirement already satisfied: typing_extensions>=3.6.6 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (4.12.2)

Requirement already satisfied: wrapt>=1.11.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (1.17.0)

Collecting grpcio<2.0,>=1.24.3 (from tensorflow)

Downloading grpcio-1.76.0-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (3.8 kB)

Collecting tensorboard~2.20.0 (from tensorflow)

Downloading tensorboard-2.20.0-py3-none-any.whl.metadata (1.8 kB)

Collecting keras>=3.10.0 (from tensorflow)

Downloading keras-3.12.0-py3-none-any.whl.metadata (5.9 kB)

Requirement already satisfied: numpy>=1.26.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (2.1.3)

Requirement already satisfied: h5py>=3.11.0 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from tensorflow) (3.12.1)

Collecting ml_dtypes<1.0.0,>=0.5.1 (from tensorflow)

Downloading ml_dtypes-0.5.3-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (9.2 kB)

Requirement already satisfied: charset-normalizer<4,>=2 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorflow) (3.3.2)

Requirement already satisfied: idna<4,>=2.5 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorflow) (3.7)

Requirement already satisfied: urllib3<3,>=1.21.1 in c:\users\khh26\appdata\local\anaconda3\lib\site-packages (from requests<3,>=2.21.0->tensorflow) (2.3.0)

Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in c:\users\khh26\appdata\loc

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

-	-----	15.7/332.0	MB	227.4	kB/s	eta	0:23:11
-	-----	16.0/332.0	MB	248.8	kB/s	eta	0:21:11
-	-----	16.0/332.0	MB	248.8	kB/s	eta	0:21:11
-	-----	16.0/332.0	MB	248.8	kB/s	eta	0:21:11
-	-----	16.0/332.0	MB	248.8	kB/s	eta	0:21:11
-	-----	16.3/332.0	MB	251.4	kB/s	eta	0:20:56
-	-----	16.3/332.0	MB	251.4	kB/s	eta	0:20:56
-	-----	16.3/332.0	MB	251.4	kB/s	eta	0:20:56
-	-----	16.5/332.0	MB	255.0	kB/s	eta	0:20:38
-	-----	16.5/332.0	MB	255.0	kB/s	eta	0:20:38
-	-----	16.5/332.0	MB	255.0	kB/s	eta	0:20:38
-	-----	16.8/332.0	MB	258.5	kB/s	eta	0:20:20
-	-----	16.8/332.0	MB	258.5	kB/s	eta	0:20:20
--	-----	17.0/332.0	MB	262.7	kB/s	eta	0:20:00
--	-----	17.0/332.0	MB	262.7	kB/s	eta	0:20:00
--	-----	17.0/332.0	MB	262.7	kB/s	eta	0:20:00
--	-----	17.3/332.0	MB	320.5	kB/s	eta	0:16:23
--	-----	17.6/332.0	MB	325.8	kB/s	eta	0:16:06
--	-----	17.6/332.0	MB	325.8	kB/s	eta	0:16:06
--	-----	17.8/332.0	MB	331.4	kB/s	eta	0:15:49
--	-----	17.8/332.0	MB	331.4	kB/s	eta	0:15:49
--	-----	18.1/332.0	MB	337.3	kB/s	eta	0:15:31
--	-----	18.4/332.0	MB	343.3	kB/s	eta	0:15:14
--	-----	18.4/332.0	MB	343.3	kB/s	eta	0:15:14
--	-----	18.6/332.0	MB	349.3	kB/s	eta	0:14:58
--	-----	18.9/332.0	MB	355.6	kB/s	eta	0:14:41
--	-----	19.1/332.0	MB	361.5	kB/s	eta	0:14:26
--	-----	19.1/332.0	MB	361.5	kB/s	eta	0:14:26
--	-----	19.4/332.0	MB	367.7	kB/s	eta	0:14:11
--	-----	19.7/332.0	MB	373.8	kB/s	eta	0:13:56
--	-----	19.9/332.0	MB	380.2	kB/s	eta	0:13:41
--	-----	20.2/332.0	MB	386.4	kB/s	eta	0:13:28
--	-----	20.4/332.0	MB	392.4	kB/s	eta	0:13:14
--	-----	20.4/332.0	MB	392.4	kB/s	eta	0:13:14
--	-----	20.7/332.0	MB	397.7	kB/s	eta	0:13:03
--	-----	21.0/332.0	MB	404.1	kB/s	eta	0:12:50
--	-----	21.2/332.0	MB	410.0	kB/s	eta	0:12:38
--	-----	21.5/332.0	MB	416.1	kB/s	eta	0:12:27
--	-----	22.0/332.0	MB	428.3	kB/s	eta	0:12:04
--	-----	22.3/332.0	MB	434.3	kB/s	eta	0:11:54
--	-----	22.5/332.0	MB	440.4	kB/s	eta	0:11:43
--	-----	22.8/332.0	MB	446.4	kB/s	eta	0:11:33
--	-----	23.1/332.0	MB	488.9	kB/s	eta	0:10:32
--	-----	23.3/332.0	MB	495.3	kB/s	eta	0:10:24
--	-----	23.9/332.0	MB	508.7	kB/s	eta	0:10:06
--	-----	24.1/332.0	MB	515.5	kB/s	eta	0:09:58
--	-----	24.6/332.0	MB	528.3	kB/s	eta	0:09:42
--	-----	24.9/332.0	MB	534.4	kB/s	eta	0:09:35
--	-----	25.2/332.0	MB	541.0	kB/s	eta	0:09:28
---	-----	25.7/332.0	MB	554.5	kB/s	eta	0:09:13
---	-----	26.2/332.0	MB	568.3	kB/s	eta	0:08:59
---	-----	26.7/332.0	MB	581.5	kB/s	eta	0:08:45
---	-----	27.3/332.0	MB	595.6	kB/s	eta	0:08:32
---	-----	28.0/332.0	MB	617.0	kB/s	eta	0:08:13

```
----- 28.6/332.0 MB 631.3 kB/s eta 0:08:01
----- 29.4/332.0 MB 691.2 kB/s eta 0:07:18
----- 30.1/332.0 MB 713.9 kB/s eta 0:07:03
----- 30.9/332.0 MB 735.7 kB/s eta 0:06:50
----- 31.7/332.0 MB 757.4 kB/s eta 0:06:37
----- 32.8/332.0 MB 787.9 kB/s eta 0:06:20
----- 33.8/332.0 MB 818.1 kB/s eta 0:06:05
----- 34.3/332.0 MB 832.7 kB/s eta 0:05:58
----- 35.4/332.0 MB 860.7 kB/s eta 0:05:45
----- 36.4/332.0 MB 889.4 kB/s eta 0:05:33
----- 37.5/332.0 MB 918.1 kB/s eta 0:05:21
----- 38.3/332.0 MB 978.4 kB/s eta 0:05:01
----- 39.1/332.0 MB 999.3 kB/s eta 0:04:54
----- 40.1/332.0 MB 1.0 MB/s eta 0:04:44
----- 41.2/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:04:36
----- 42.2/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:04:28
----- 43.3/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:04:20
----- 43.8/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:04:17
----- 44.6/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:04:07
----- 45.6/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:04:01
----- 46.7/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:03:55
----- 47.7/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:03:49
----- 48.8/332.0 MB 1.3 MB/s eta 0:03:40
----- 50.1/332.0 MB 1.3 MB/s eta 0:03:33
----- 51.1/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:03:28
----- 52.2/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:03:21
----- 53.2/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:03:17
----- 54.3/332.0 MB 1.5 MB/s eta 0:03:11
----- 55.3/332.0 MB 1.5 MB/s eta 0:03:07
----- 56.6/332.0 MB 1.5 MB/s eta 0:03:02
----- 57.9/332.0 MB 1.6 MB/s eta 0:02:56
----- 58.7/332.0 MB 1.6 MB/s eta 0:02:54
----- 59.8/332.0 MB 1.6 MB/s eta 0:02:50
----- 61.1/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:02:45
----- 61.9/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:02:42
----- 62.9/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:02:39
----- 64.0/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:02:36
----- 65.5/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:02:31
----- 66.6/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:02:28
----- 67.6/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:02:25
----- 68.7/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:02:22
----- 69.7/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:02:20
----- 70.5/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:02:18
----- 71.6/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:02:15
----- 72.6/332.0 MB 2.0 MB/s eta 0:02:13
----- 73.9/332.0 MB 2.0 MB/s eta 0:02:10
----- 75.2/332.0 MB 2.0 MB/s eta 0:02:07
----- 76.3/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:02:04
----- 77.6/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:02:01
----- 78.6/332.0 MB 2.2 MB/s eta 0:01:58
----- 80.0/332.0 MB 2.2 MB/s eta 0:01:55
----- 81.0/332.0 MB 2.2 MB/s eta 0:01:54
----- 82.1/332.0 MB 2.4 MB/s eta 0:01:45
----- 83.1/332.0 MB 2.4 MB/s eta 0:01:43
```

			84.1/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:42
			84.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:41
			84.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:41
			86.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:40
			86.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:40
			86.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:40
			86.5/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:42
			87.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:41
			87.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:41
			87.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:42
			87.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:42
			87.6/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:34
			87.6/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:34
			87.6/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:34
			87.8/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:35
			87.8/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:35
			88.1/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			88.1/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			88.1/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			88.3/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			88.3/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			88.6/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:39
			88.6/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:39
			88.9/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:40
			88.9/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:40
			89.1/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:35
			89.1/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:35
			89.1/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:35
			89.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:36
			89.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:36
			89.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:36
			89.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:36
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			89.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:37
			90.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			90.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			90.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			90.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			90.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:38
			90.4/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
			90.4/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
			90.4/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
			90.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:39
			90.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:39
			91.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39

-----	91.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.2/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.5/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.5/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	91.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.0/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.5/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	92.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	93.1/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	93.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	93.6/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	93.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	94.1/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	94.4/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	94.6/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	94.9/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:39
-----	95.2/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:38
-----	95.4/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:38
-----	95.9/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:38
-----	96.2/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:38
-----	96.7/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:38
-----	97.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:37
-----	97.8/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:37
-----	98.3/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:36
-----	99.1/332.0	MB	2.4	MB/s	eta	0:01:36
-----	99.9/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:35
-----	100.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:34
-----	101.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:34
-----	102.2/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:33
-----	103.3/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:32
-----	104.3/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:31
-----	105.4/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:31
-----	106.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:29
-----	107.7/332.0	MB	2.5	MB/s	eta	0:01:29
-----	109.3/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:27
-----	110.6/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:27
-----	112.2/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:25
-----	113.8/332.0	MB	2.6	MB/s	eta	0:01:23
-----	115.6/332.0	MB	2.7	MB/s	eta	0:01:22
-----	117.4/332.0	MB	2.7	MB/s	eta	0:01:21
-----	119.5/332.0	MB	2.7	MB/s	eta	0:01:19
-----	121.6/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:17
-----	123.2/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:16
-----	123.7/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:16
-----	124.5/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:16
-----	126.1/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:15
-----	127.7/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:13
-----	129.5/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:12
-----	131.1/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:11

-----	131.3/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:11
-----	132.4/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:11
-----	133.7/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:10
-----	135.0/332.0	MB	2.8	MB/s	eta	0:01:10
-----	136.3/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:09
-----	137.6/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:08
-----	139.2/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:08
-----	140.5/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:07
-----	142.1/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:06
-----	143.7/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:05
-----	145.0/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:05
-----	146.5/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:04
-----	148.1/332.0	MB	2.9	MB/s	eta	0:01:03
-----	149.7/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:01:02
-----	151.0/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:01:01
-----	152.6/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:01:00
-----	154.1/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:00:59
-----	155.7/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:00:59
-----	157.3/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:00:58
-----	158.9/332.0	MB	3.0	MB/s	eta	0:00:57
-----	160.4/332.0	MB	3.1	MB/s	eta	0:00:57
-----	162.0/332.0	MB	3.1	MB/s	eta	0:00:56
-----	163.6/332.0	MB	3.1	MB/s	eta	0:00:55
-----	165.2/332.0	MB	3.1	MB/s	eta	0:00:54
-----	166.7/332.0	MB	3.1	MB/s	eta	0:00:53
-----	168.3/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:52
-----	169.9/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:52
-----	171.4/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:51
-----	173.0/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:50
-----	174.6/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:50
-----	176.2/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:49
-----	177.7/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:48
-----	179.3/332.0	MB	3.2	MB/s	eta	0:00:48
-----	180.9/332.0	MB	3.3	MB/s	eta	0:00:47
-----	182.5/332.0	MB	3.3	MB/s	eta	0:00:46
-----	184.0/332.0	MB	3.3	MB/s	eta	0:00:45
-----	185.3/332.0	MB	3.4	MB/s	eta	0:00:44
-----	187.2/332.0	MB	3.4	MB/s	eta	0:00:43
-----	188.7/332.0	MB	3.4	MB/s	eta	0:00:42
-----	190.3/332.0	MB	3.5	MB/s	eta	0:00:41
-----	191.9/332.0	MB	3.5	MB/s	eta	0:00:40
-----	193.5/332.0	MB	3.6	MB/s	eta	0:00:39
-----	195.0/332.0	MB	3.6	MB/s	eta	0:00:39
-----	196.6/332.0	MB	3.7	MB/s	eta	0:00:37
-----	198.4/332.0	MB	3.7	MB/s	eta	0:00:36
-----	200.0/332.0	MB	3.8	MB/s	eta	0:00:35
-----	201.6/332.0	MB	3.8	MB/s	eta	0:00:35
-----	203.4/332.0	MB	3.9	MB/s	eta	0:00:34
-----	205.0/332.0	MB	4.0	MB/s	eta	0:00:33
-----	206.8/332.0	MB	4.0	MB/s	eta	0:00:32
-----	208.4/332.0	MB	4.0	MB/s	eta	0:00:31
-----	210.2/332.0	MB	4.1	MB/s	eta	0:00:30
-----	212.1/332.0	MB	4.1	MB/s	eta	0:00:29
-----	213.9/332.0	MB	4.2	MB/s	eta	0:00:28

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

-----	271.3/332.0	MB	106.4	kB/s	eta	0:09:31
-----	271.6/332.0	MB	110.8	kB/s	eta	0:09:06
-----	271.6/332.0	MB	110.8	kB/s	eta	0:09:06
-----	271.6/332.0	MB	110.8	kB/s	eta	0:09:06
-----	271.8/332.0	MB	117.7	kB/s	eta	0:08:32
-----	271.8/332.0	MB	117.7	kB/s	eta	0:08:32
-----	272.1/332.0	MB	124.7	kB/s	eta	0:08:01
-----	272.4/332.0	MB	132.0	kB/s	eta	0:07:33
-----	272.4/332.0	MB	132.0	kB/s	eta	0:07:33
-----	272.6/332.0	MB	142.8	kB/s	eta	0:06:56
-----	272.9/332.0	MB	150.9	kB/s	eta	0:06:32
-----	273.2/332.0	MB	159.1	kB/s	eta	0:06:10
-----	273.4/332.0	MB	167.3	kB/s	eta	0:05:51
-----	273.7/332.0	MB	175.5	kB/s	eta	0:05:33
-----	273.9/332.0	MB	183.5	kB/s	eta	0:05:17
-----	274.5/332.0	MB	199.7	kB/s	eta	0:04:49
-----	274.7/332.0	MB	207.7	kB/s	eta	0:04:36
-----	275.0/332.0	MB	215.9	kB/s	eta	0:04:25
-----	275.3/332.0	MB	222.6	kB/s	eta	0:04:16
-----	275.3/332.0	MB	222.6	kB/s	eta	0:04:16
-----	275.5/332.0	MB	228.8	kB/s	eta	0:04:07
-----	275.8/332.0	MB	261.3	kB/s	eta	0:03:36
-----	276.0/332.0	MB	269.0	kB/s	eta	0:03:29
-----	276.3/332.0	MB	276.8	kB/s	eta	0:03:22
-----	276.6/332.0	MB	284.5	kB/s	eta	0:03:15
-----	276.8/332.0	MB	290.9	kB/s	eta	0:03:10
-----	277.1/332.0	MB	298.4	kB/s	eta	0:03:05
-----	277.1/332.0	MB	298.4	kB/s	eta	0:03:05
-----	277.3/332.0	MB	304.0	kB/s	eta	0:03:00
-----	277.6/332.0	MB	310.6	kB/s	eta	0:02:56
-----	277.9/332.0	MB	317.2	kB/s	eta	0:02:51
-----	277.9/332.0	MB	317.2	kB/s	eta	0:02:51
-----	278.1/332.0	MB	323.6	kB/s	eta	0:02:47
-----	278.4/332.0	MB	330.2	kB/s	eta	0:02:43
-----	278.7/332.0	MB	336.6	kB/s	eta	0:02:39
-----	278.9/332.0	MB	343.0	kB/s	eta	0:02:35
-----	279.2/332.0	MB	349.3	kB/s	eta	0:02:32
-----	279.4/332.0	MB	355.6	kB/s	eta	0:02:28
-----	279.7/332.0	MB	361.9	kB/s	eta	0:02:25
-----	280.0/332.0	MB	368.1	kB/s	eta	0:02:22
-----	280.2/332.0	MB	463.3	kB/s	eta	0:01:52
-----	280.5/332.0	MB	470.5	kB/s	eta	0:01:50
-----	280.8/332.0	MB	477.5	kB/s	eta	0:01:48
-----	281.0/332.0	MB	484.6	kB/s	eta	0:01:46
-----	281.5/332.0	MB	498.4	kB/s	eta	0:01:42
-----	281.8/332.0	MB	505.4	kB/s	eta	0:01:40
-----	282.1/332.0	MB	512.3	kB/s	eta	0:01:38
-----	282.3/332.0	MB	519.2	kB/s	eta	0:01:36
-----	282.6/332.0	MB	525.9	kB/s	eta	0:01:34
-----	283.1/332.0	MB	539.4	kB/s	eta	0:01:31
-----	283.4/332.0	MB	546.2	kB/s	eta	0:01:30
-----	283.6/332.0	MB	552.8	kB/s	eta	0:01:28
-----	284.2/332.0	MB	565.6	kB/s	eta	0:01:25
-----	284.4/332.0	MB	572.2	kB/s	eta	0:01:24

```
----- 284.7/332.0 MB 578.7 kB/s eta 0:01:22
----- 285.2/332.0 MB 591.6 kB/s eta 0:01:20
----- 285.5/332.0 MB 598.1 kB/s eta 0:01:18
----- 286.0/332.0 MB 610.8 kB/s eta 0:01:16
----- 286.3/332.0 MB 617.0 kB/s eta 0:01:15
----- 286.8/332.0 MB 629.6 kB/s eta 0:01:12
----- 287.0/332.0 MB 635.8 kB/s eta 0:01:11
----- 287.6/332.0 MB 648.2 kB/s eta 0:01:09
----- 287.6/332.0 MB 648.2 kB/s eta 0:01:09
----- 287.8/332.0 MB 649.9 kB/s eta 0:01:08
----- 288.1/332.0 MB 654.5 kB/s eta 0:01:08
----- 288.4/332.0 MB 659.6 kB/s eta 0:01:07
----- 288.9/332.0 MB 669.8 kB/s eta 0:01:05
----- 289.1/332.0 MB 675.1 kB/s eta 0:01:04
----- 289.4/332.0 MB 680.4 kB/s eta 0:01:03
----- 289.9/332.0 MB 691.1 kB/s eta 0:01:01
----- 290.2/332.0 MB 744.6 kB/s eta 0:00:57
----- 290.7/332.0 MB 755.6 kB/s eta 0:00:55
----- 291.0/332.0 MB 761.1 kB/s eta 0:00:54
----- 291.5/332.0 MB 772.1 kB/s eta 0:00:53
----- 291.8/332.0 MB 777.6 kB/s eta 0:00:52
----- 292.3/332.0 MB 788.5 kB/s eta 0:00:51
----- 292.6/332.0 MB 793.8 kB/s eta 0:00:50
----- 293.1/332.0 MB 804.0 kB/s eta 0:00:49
----- 293.3/332.0 MB 809.4 kB/s eta 0:00:48
----- 293.9/332.0 MB 819.5 kB/s eta 0:00:47
----- 294.4/332.0 MB 886.5 kB/s eta 0:00:43
----- 294.6/332.0 MB 891.4 kB/s eta 0:00:42
----- 295.2/332.0 MB 901.5 kB/s eta 0:00:41
----- 295.4/332.0 MB 906.5 kB/s eta 0:00:41
----- 296.0/332.0 MB 916.2 kB/s eta 0:00:40
----- 296.2/332.0 MB 920.9 kB/s eta 0:00:39
----- 296.7/332.0 MB 930.9 kB/s eta 0:00:38
----- 297.3/332.0 MB 940.3 kB/s eta 0:00:37
----- 297.5/332.0 MB 945.3 kB/s eta 0:00:37
----- 298.1/332.0 MB 954.9 kB/s eta 0:00:36
----- 298.6/332.0 MB 964.5 kB/s eta 0:00:35
----- 298.8/332.0 MB 1.0 MB/s eta 0:00:33
----- 299.4/332.0 MB 1.0 MB/s eta 0:00:32
----- 299.9/332.0 MB 1.0 MB/s eta 0:00:31
----- 300.4/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:30
----- 300.7/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:30
----- 301.2/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:29
----- 301.7/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:29
----- 302.3/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:28
----- 302.8/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:27
----- 303.3/332.0 MB 1.1 MB/s eta 0:00:26
----- 303.8/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:25
----- 304.3/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:24
----- 304.9/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:24
----- 305.4/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:23
----- 305.9/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:22
----- 306.4/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:21
----- 307.0/332.0 MB 1.2 MB/s eta 0:00:21
```

```

----- -- 307.8/332.0 MB 1.3 MB/s eta 0:00:20
----- -- 308.3/332.0 MB 1.3 MB/s eta 0:00:19
----- -- 309.1/332.0 MB 1.3 MB/s eta 0:00:18
----- -- 309.9/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:00:17
----- -- 310.6/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:00:16
----- -- 311.4/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:00:15
----- -- 312.2/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:00:14
----- -- 313.0/332.0 MB 1.4 MB/s eta 0:00:14
----- -- 314.0/332.0 MB 1.5 MB/s eta 0:00:13
----- -- 314.8/332.0 MB 1.5 MB/s eta 0:00:12
----- -- 315.9/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:00:10
----- -- 316.9/332.0 MB 1.7 MB/s eta 0:00:09
----- -- 318.2/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:00:08
----- -- 319.3/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:00:08
----- -- 320.6/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:00:07
----- -- 321.9/332.0 MB 1.8 MB/s eta 0:00:06
----- -- 323.5/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:00:05
----- -- 325.1/332.0 MB 1.9 MB/s eta 0:00:04
----- -- 326.4/332.0 MB 2.0 MB/s eta 0:00:03
----- -- 328.2/332.0 MB 2.0 MB/s eta 0:00:02
----- -- 329.8/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:00:02
----- -- 331.6/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:00:01
----- -- 331.9/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:00:01
----- -- 331.9/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:00:01
----- -- 332.0/332.0 MB 2.1 MB/s eta 0:00:00
Downloading grpcio-1.76.0-cp313-cp313-win_amd64.whl (4.7 MB)
----- 0.0/4.7 MB ? eta -:--:--
----- 1.8/4.7 MB 9.4 MB/s eta 0:00:01
----- 3.9/4.7 MB 9.5 MB/s eta 0:00:01
----- 4.7/4.7 MB 9.3 MB/s eta 0:00:00
Downloading ml_dtypes-0.5.3-cp313-cp313-win_amd64.whl (208 kB)
Downloading tensorboard-2.20.0-py3-none-any.whl (5.5 MB)
----- 0.0/5.5 MB ? eta -:--:--
----- 2.1/5.5 MB 10.7 MB/s eta 0:00:01
----- 4.5/5.5 MB 10.7 MB/s eta 0:00:01
----- 5.5/5.5 MB 10.5 MB/s eta 0:00:00
Downloading tensorboard_data_server-0.7.2-py3-none-any.whl (2.4 kB)
Downloading absl_py-2.3.1-py3-none-any.whl (135 kB)
Downloading astunparse-1.6.3-py2.py3-none-any.whl (12 kB)
Downloading flatbuffers-25.9.23-py2.py3-none-any.whl (30 kB)
Downloading gast-0.6.0-py3-none-any.whl (21 kB)
Downloading google_pasta-0.2.0-py3-none-any.whl (57 kB)
Downloading keras-3.12.0-py3-none-any.whl (1.5 MB)
----- 0.0/1.5 MB ? eta -:--:--
----- 1.5/1.5 MB 10.8 MB/s eta 0:00:00
Downloading libclang-18.1.1-py2.py3-none-win_amd64.whl (26.4 MB)
----- 0.0/26.4 MB ? eta -:--:--
----- 2.4/26.4 MB 12.5 MB/s eta 0:00:02
----- 5.0/26.4 MB 12.5 MB/s eta 0:00:02
----- 7.9/26.4 MB 12.6 MB/s eta 0:00:02
----- 10.5/26.4 MB 12.6 MB/s eta 0:00:02
----- 13.1/26.4 MB 12.7 MB/s eta 0:00:02
----- 16.3/26.4 MB 13.2 MB/s eta 0:00:01
----- 19.4/26.4 MB 13.4 MB/s eta 0:00:01

```


[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Successfully installed absl-py-2.3.1 astunparse-1.6.3 flatbuffers-25.9.23 gas
t-0.6.0 google_pasta-0.2.0 grpcio-1.76.0 keras-3.12.0 libclang-18.1.1 ml_dtype
s-0.5.3 namex-0.1.0 opt_einsum-3.4.0 optree-0.17.0 tensorboard-2.20.0 tensorboa

rd-data-server-0.7.2 tensorflow-2.20.0 termcolor-3.2.0

```
In [3]: python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
```

```
Cell In[3], line 1
    python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
           ^
SyntaxError: invalid syntax
```

```
In [1]: python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
```

```
Cell In[1], line 1
    python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
           ^
SyntaxError: invalid syntax
```

```
In [2]: python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
```

```
Cell In[2], line 1
    python -c "import tensorflow as tf; print(tf.__version__)"
           ^
SyntaxError: invalid syntax
```

```
In [3]: from tensorflow.keras.datasets import mnist
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
(X_train, y_train), (X_test, y_test) = mnist.load_data()

print("عدد صور التدريب:", X_train.shape)
print("عدد صور الاختبار:", X_test.shape)

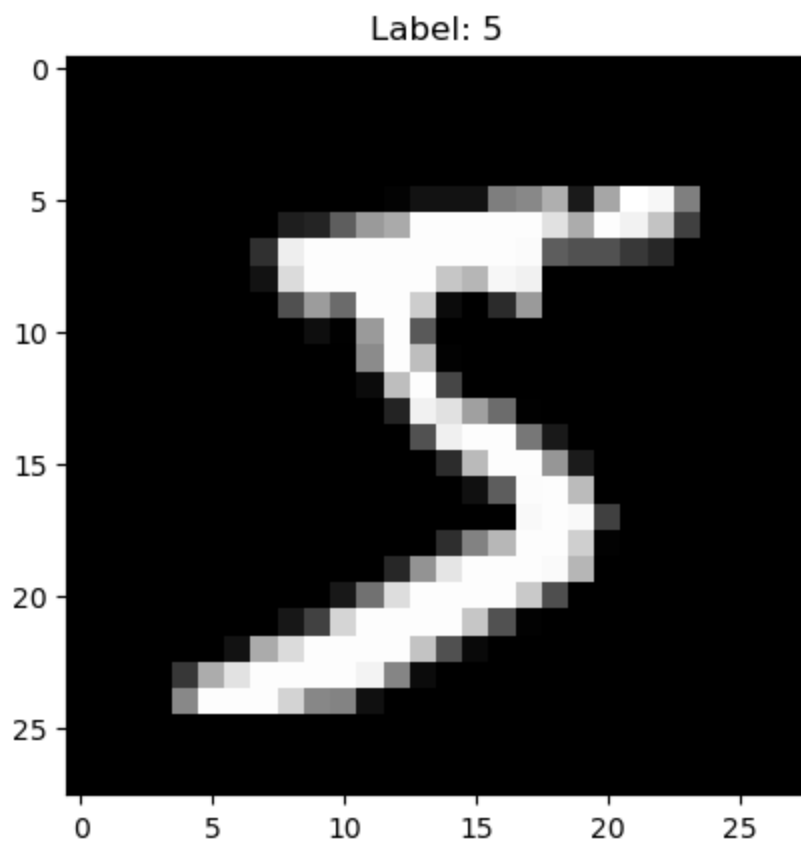
plt.imshow(X_train[0], cmap='gray')
plt.title(f"Label: {y_train[0]}")
plt.show()
```

Downloading data from <https://storage.googleapis.com/tensorflow/tf-keras-datasets/mnist.npz>

11490434/11490434 ————— 2s 0us/step

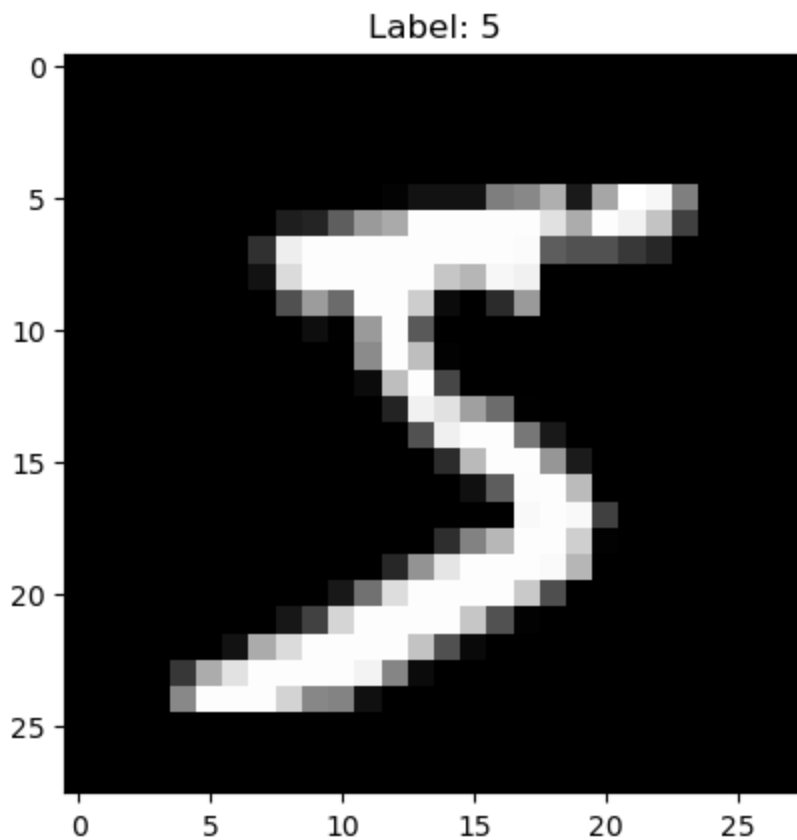
(28, 28, 60000) : عدد صور التدريب:

(28, 28, 10000) : عدد صور الاختبار:



```
In [4]: import matplotlib.pyplot as plt

plt.imshow(X_train[0], cmap='gray')
plt.title(f"Label: {y_train[0]}")
plt.show()
```



```
In [5]: import numpy as np
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.datasets import mnist

# حمّلناها مسبقاً، يمكنك تخطي السطر التالي وإعادة استخدام المتغيرات الموجودة لديك
(X_train_full, y_train_full), (X_test, y_test) = mnist.load_data()

# من 60k/10k تقسيم تدريب/تحقق: 50
X_train, y_train = X_train_full[:50000], y_train_full[:50000]
X_val, y_val = X_train_full[50000:], y_train_full[50000:]

# إضافة بُعد القناة وتطبيع القيم إلى [0,1]
X_train = (X_train[..., None] / 255.0).astype("float32")
X_val = (X_val[..., None] / 255.0).astype("float32")
X_test = (X_test[..., None] / 255.0).astype("float32")

print("Train:", X_train.shape, y_train.shape)
print("Val: ", X_val.shape, y_val.shape)
print("Test: ", X_test.shape, y_test.shape)
```

Train: (50000, 28, 28, 1) (50000,)
Val: (10000, 28, 28, 1) (10000,)
Test: (10000, 28, 28, 1) (10000,)

```
In [6]: from tensorflow import keras
from tensorflow.keras import layers
```

```

# model.fit() طبقات زيادة البيانات (تُطبق فقط أثناء)
data_augmentation = keras.Sequential([
    layers.RandomRotation(0.08),
    layers.RandomTranslation(0.05, 0.05),
    layers.RandomZoom(0.08),
])

# إنشاء أنابيب بيانات فعّالة
batch_size = 128
AUTOTUNE = tf.data.AUTOTUNE

def make_ds(X, y, training=False):
    ds = tf.data.Dataset.from_tensor_slices((X, y))
    if training:
        ds = ds.shuffle(10_000, reshuffle_each_iteration=True)
        ds = ds.map(lambda x, y: (data_augmentation(x, training=True), y),
                    num_parallel_calls=AUTOTUNE)
    ds = ds.batch(batch_size).prefetch(AUTOTUNE)
    return ds

train_ds = make_ds(X_train, y_train, training=True)
val_ds = make_ds(X_val, y_val, training=False)
test_ds = make_ds(X_test, y_test, training=False)

```

```

In [7]: def build_cnn():
    inputs = layers.Input(shape=(28, 28, 1))
    x = inputs
    # داخل النموذج لو رغبت data_augmentation يمكن أيضاً إدراج:
    # x = data_augmentation(x, training=True)

    x = layers.Conv2D(32, (3,3), activation="relu")(x)
    x = layers.Conv2D(32, (3,3), activation="relu")(x)
    x = layers.MaxPooling2D()(x)
    x = layers.Dropout(0.25)(x)

    x = layers.Conv2D(64, (3,3), activation="relu")(x)
    x = layers.MaxPooling2D()(x)
    x = layers.Dropout(0.25)(x)

    x = layers.Flatten()(x)
    x = layers.Dense(128, activation="relu")(x)
    x = layers.Dropout(0.3)(x)
    outputs = layers.Dense(10, activation="softmax")(x)

    model = keras.Model(inputs, outputs, name="mnist_cnn")
    model.compile(
        optimizer=keras.optimizers.Adam(1e-3),
        loss="sparse_categorical_crossentropy",
        metrics=["accuracy"]
    )
    return model

cnn = build_cnn()

```

```
cnn.summary()
```

Model: "mnist_cnn"

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_layer_1 (InputLayer)	(None, 28, 28, 1)	0
conv2d (Conv2D)	(None, 26, 26, 32)	320
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 24, 24, 32)	9,248
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 12, 12, 32)	0
dropout (Dropout)	(None, 12, 12, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 10, 10, 64)	18,496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 5, 5, 64)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 5, 5, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 1600)	0
dense (Dense)	(None, 128)	204,928
dropout_2 (Dropout)	(None, 128)	0
dense_1 (Dense)	(None, 10)	1,290

Total params: 234,282 (915.16 KB)

Trainable params: 234,282 (915.16 KB)

Non-trainable params: 0 (0.00 B)

```
In [8]: callbacks = [  
    keras.callbacks.EarlyStopping(patience=5, restore_best_weights=True, monit  
    keras.callbacks.ModelCheckpoint("best_cnn.keras", monitor="val_accuracy",  
    ]  
  
    history = cnn.fit(  
        train_ds,  
        validation_data=val_ds,  
        epochs=25,  
        callbacks=callbacks,  
        verbose=1  
    )
```

Epoch 1/25
391/391  **12s** 25ms/step - accuracy: 0.8362 - loss: 0.5101 - val_accuracy: 0.9795 - val_loss: 0.0665

Epoch 2/25
391/391  **10s** 26ms/step - accuracy: 0.9416 - loss: 0.1857 - val_accuracy: 0.9852 - val_loss: 0.0466

Epoch 3/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9563 - loss: 0.1416 - val_accuracy: 0.9874 - val_loss: 0.0415

Epoch 4/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9640 - loss: 0.1171 - val_accuracy: 0.9890 - val_loss: 0.0371

Epoch 5/25
391/391  **10s** 26ms/step - accuracy: 0.9683 - loss: 0.1044 - val_accuracy: 0.9897 - val_loss: 0.0378

Epoch 6/25
391/391  **10s** 24ms/step - accuracy: 0.9707 - loss: 0.0934 - val_accuracy: 0.9906 - val_loss: 0.0351

Epoch 7/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9744 - loss: 0.0835 - val_accuracy: 0.9913 - val_loss: 0.0297

Epoch 8/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9745 - loss: 0.0801 - val_accuracy: 0.9919 - val_loss: 0.0282

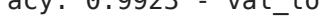
Epoch 9/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9780 - loss: 0.0735 - val_accuracy: 0.9925 - val_loss: 0.0270

Epoch 10/25
391/391  **10s** 26ms/step - accuracy: 0.9777 - loss: 0.0730 - val_accuracy: 0.9929 - val_loss: 0.0274

Epoch 11/25
391/391  **10s** 24ms/step - accuracy: 0.9792 - loss: 0.0682 - val_accuracy: 0.9928 - val_loss: 0.0251

Epoch 12/25
391/391  **10s** 26ms/step - accuracy: 0.9801 - loss: 0.0654 - val_accuracy: 0.9932 - val_loss: 0.0265

Epoch 13/25
391/391  **10s** 24ms/step - accuracy: 0.9803 - loss: 0.0645 - val_accuracy: 0.9930 - val_loss: 0.0252

Epoch 14/25
391/391  **9s** 24ms/step - accuracy: 0.9804 - loss: 0.0630 - val_accuracy: 0.9923 - val_loss: 0.0299

Epoch 15/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9814 - loss: 0.0609 - val_accuracy: 0.9940 - val_loss: 0.0246

Epoch 16/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9825 - loss: 0.0565 - val_accuracy: 0.9937 - val_loss: 0.0241

Epoch 17/25
391/391  **10s** 24ms/step - accuracy: 0.9820 - loss: 0.0568 - val_accuracy: 0.9927 - val_loss: 0.0291

Epoch 18/25
391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9829 - loss: 0.0548 - val_accuracy: 0.9937 - val_loss: 0.0251

Epoch 19/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9836 - loss: 0.0524 - val_accuracy: 0.9936 - val_loss: 0.0240

Epoch 20/25

391/391  **10s** 24ms/step - accuracy: 0.9843 - loss: 0.0538 - val_accuracy: 0.9943 - val_loss: 0.0231

Epoch 21/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9850 - loss: 0.0493 - val_accuracy: 0.9927 - val_loss: 0.0279

Epoch 22/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9838 - loss: 0.0514 - val_accuracy: 0.9932 - val_loss: 0.0249

Epoch 23/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9855 - loss: 0.0465 - val_accuracy: 0.9931 - val_loss: 0.0284

Epoch 24/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9853 - loss: 0.0473 - val_accuracy: 0.9938 - val_loss: 0.0253

Epoch 25/25

391/391  **10s** 25ms/step - accuracy: 0.9858 - loss: 0.0474 - val_accuracy: 0.9952 - val_loss: 0.0238

```
In [9]: import numpy as np
import tensorflow as tf

test_loss, test_acc = cnn.evaluate(test_ds, verbose=0)
print(f"✅ Test Accuracy (CNN): {test_acc:.4f}, Test Loss: {test_loss:.4f}")

# الحصول على التوقعات والقيم الحقيقية
y_true, y_pred = [], []
for Xb, yb in test_ds:
    pb = cnn.predict(Xb, verbose=0)
    y_true.extend(yb.numpy().tolist())
    y_pred.extend(np.argmax(pb, axis=1).tolist())

y_true = np.array(y_true)
y_pred = np.array(y_pred)

# مصفوفة الالتباس + دقة كل فئة
cm = tf.math.confusion_matrix(y_true, y_pred, num_classes=10).numpy()
per_class_acc = (np.diag(cm) / cm.sum(axis=1)).round(4)

print("Per-class accuracy (0..9):", per_class_acc)
cm
```

✅ Test Accuracy (CNN): 0.9946, Test Loss: 0.0153

Per-class accuracy (0..9): [0.998 0.9974 0.9952 0.999 0.9939 0.9899 0.9906
0.9951 0.9959 0.9901]

```
Out[9]: array([[ 978,    0,    0,    0,    1,    1,    0,    0,    0,    0],
               [    0, 1132,    0,    0,    0,    0,    0,    3,    0,    0],
               [    1,    0, 1027,    1,    0,    0,    0,    2,    1,    0],
               [    0,    1,    0, 1009,    0,    0,    0,    0,    0,    0],
               [    0,    0,    0,    0, 976,    0,    0,    0,    0,    6],
               [    0,    0,    0,    5,    0, 883,    4,    0,    0,    0],
               [    2,    2,    0,    0,    1,    3, 949,    0,    1,    0],
               [    0,    1,    2,    1,    0,    0,    0, 1023,    0,    1],
               [    0,    0,    2,    1,    0,    0,    1,    0, 970,    0],
               [    0,    0,    0,    1,    3,    3,    0,    1,    2, 999]],
              dtype=int32)
```

In []: